

PUB-NO: DE019828992C1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 19828992 C1

TITLE: Lead-free optical glass of barium light flint
glass,
barium crown glass, crown glass, crown flint
glass or
boron crown glass type

PUBN-DATE: October 7, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KOLBERG, UWE	DE
GIERKE, MONIKA	DE
WINKLER-TRUDEWIG, MAGDAL[??	DE
WEITZEL, ALWIN	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SCHOTT GLAS	DE

APPL-NO: DE19828992

APPL-DATE: June 29, 1998

PRIORITY-DATA: DE19828992A (June 29, 1998)

INT-CL (IPC): C03C003/089, C03C003/112

EUR-CL (EPC): C03C003/089 ; C03C003/115

ABSTRACT:

CHG DATE=20000517 STATUS=O>A lead-free optical glass having specified contents of silicon, boron, barium, alkali metal and other oxides is new. A lead-free optical glass having a refractive index (nd) of 1.50-1.56 and an Abbe number (vd) of 50-64 has the composition (by wt.) 62-75% SiO2, 5-9.5% B2O3, 4.5-21% BaO, 0 to less than 14% ZnO, 0-0.5% CaO, 1-7% TiO2, 2-10%

Na₂O, 4.5-8%

K₂O, 0-1% ZrO₂, 0-1% Nb₂O₅, 0-1% Ta₂O₅, 0-0.5% F \leftrightarrow and usual amounts of refiners. The sum of ZnO + CaO is \-0.05% and the sum of BaO + ZnO + CaO is <= 25%.



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 198 28 992 C 1

⑤① Int. Cl.⁶
C 03 C 3/089
C 03 C 3/112

②① Aktenzeichen: 198 28 992.8-45
②② Anmeldetag: 29. 6. 98
④③ Offenlegungstag: -
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 7. 10. 99

DE 198 28 992 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Schott Glas, 55122 Mainz, DE

⑦② Erfinder:
Kolberg, Uwe, Dr., 55252 Mainz-Kastel, DE; Gierke,
Monika, 65205 Wiesbaden, DE; Winkler-Trudewig,
Magdalena, 55126 Mainz, DE; Weitzel, Alwin, 55120
Mainz, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE-PS	9 73 350
DE	196 50 692 A1
DE	196 09 735 A1
DE	26 21 741 A1
GB	8 12 576
GB	8 04 451
US	55 23 265
US	25 23 265
JP	62-13 293 B2
JP	60-54 249 B2
JP	52-45 616 A
JP	08-34 633 A

⑤④ Bleifreie optische Gläser

⑤⑦ Die Erfindung betrifft bleifreie optische Gläser, die Brechwerte n_d zwischen 1,50 und 1,56 und Abbezahlen v_d zwischen 50 und 64 aufweisen und folgende Zusammensetzung (in Gew.-% auf Oxidbasis) besitzen: SiO_2 62-75; B_2O_3 5-9,5; BaO 4,5-21; ZnO 0 < 14; CaO 0-0,5 mit $\text{ZnO} + \text{CaO} \geq 0,05$; mit $\text{BaO} + \text{ZnO} + \text{CaO} \leq 25$; TiO 1-7; Na_2O 2-10; K_2O 4,5-8; ZrO_2 0-1; Nb_2O_5 0-1; Ta_2O_5 0-1; F-0-0,5.

DE 198 28 992 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft bleifreie optische Gläser, die Brechwerte n_d zwischen 1,50 und 1,56 und Abbezahlen v_d zwischen 50 und 64 besitzen. Diese Gläser gehören zu den optischen Glasarten Bariumleichtflintgläser (BaLF) Bariumkron-

5 gläser (BaK), Krongläser (K), Kronflintgläser (KF), Borkrongläser (BK).
Da in den letzten Jahren die Glaskomponenten PbO und As₂O₃ in der Öffentlichkeit als umweltbelastend in die Diskussion gekommen sind, besteht auch bei den Herstellern von optischen Geräten der Bedarf an PbO-freien und vorzugsweise auch As₂O₃-freien Gläsern mit den jeweiligen optischen Eigenschaften.

Auch für die Herstellung leichter Glasteile, also von Gläsern mit einer niedrigen Dichte, ist es erstrebenswert, auf PbO
10 zu verzichten.

Durch den einfachen Ersatz des Bleioxids durch einen oder mehrere Bestandteile gelingt eine Reproduktion der durch PbO beeinflussten und gewünschten optischen und glastechnischen Eigenschaften in der Regel nicht. Statt dessen sind Neuentwicklungen oder weitreichende Änderungen in der Glaszusammensetzung nötig.

Der Patentreiter sind bereits einige Schriften zu entnehmen, in denen bleifreie Gläser mit optischen Werten aus dem
15 genannten Bereich beschrieben werden. Jedoch zeigen diese Gläser die verschiedensten Nachteile.

Die deutsche Patentschrift DE 973 350 beschreibt Gläser mit einem innerhalb eines großen Bereiches variierenden Brechwert und einer, bezogen auf den Brechwert, relativ hohen Dispersion. Diese Gläser enthalten nur bis zu 5 Gew.-% Erdalkaliooxide, weiter neben SiO₂ und/oder B₂O₃ und F bis zu 30% Alkaliooxide und wenigstens eine Komponente aus der Gruppe Al₂O₃, TiO₂, Sb₂O₃, As₂O₃, PbO, wobei die Summe aus diesen fünf Oxiden und den Alkalioxiden zwischen
20 35 und 69,85 Gew.-% beträgt. Nachteilig an diesen Gläsern ist neben den möglichen Vorhandensein von PbO und As₂O₃ in Mengen von bis zu 55 bzw. bis zu 5 Gew.-%, daß der hohe Brechwert durch den Einsatz von teuren oder zu einem Gelbstich führenden Komponenten realisiert wird. Nachteilig ist auch der teilweise recht hohe Gehalt an Alkalioxiden, der zu einer schlechten chemischen Beständigkeit der Gläser führt.

Aus DE 26 21 741 sind Gläser aus dem System SiO₂-R₂O-ZnO-TiO₂ bekannt, die aufgrund ihres Gehaltes an Farbkomponenten als Gläser für Absorptionssteilkantenfilter Verwendung finden.

Aus JP 60-54249 B2 sind optische Gläser bekannt, die 10-20 Gew.-% CaO und kein BaO enthalten. CaO wird hier benötigt, um hohe Abbezahlen zu erreichen. CaO hat jedoch, insbesondere gegenüber BaO den Nachteil, daß es den Brechwert nicht so stark anhebt.

Auch aus GB 804,451 und GB 812,576 sind BaO-freie optische Gläser bekannt. Ihre Brechwerte n_d von wenigstens
30 1,56 bzw. 1,54 können nur durch die Verwendung von relativ teuren, hochschmelzenden oder gelbstichige Verfärbungen hervorrufenden Komponenten erreicht werden. So enthalten die Gläser der erstgenannten Schrift bis zu 20 Gew.-% TiO₂. Die relativ SiO₂-armen Gläser der letztgenannten Schrift enthalten bis zu 20 Gew.-% ZrO₂ und bis zu 9 Gew.-% TiO₂, wobei die Summe aus TiO₂ und ZrO₂ bis zu 20 Gew.-% beträgt.

Auf der anderen Seite sind aus JP 8-34633 A SnO₂-haltige Gläser bekannt, die nur geringe Mengen an TiO₂ enthalten. TiO₂ dient hier als Solarisationsschutz und hat keinen nennenswerten Einfluß auf die nichtoptischen Eigenschaften. Diese Gläser werden keine gute chemische Beständigkeit aufweisen.

DE 196 50 692 A1 beschreibt bleifreie Krongläser, die sowohl TiO₂ als auch BaO nur als fakultative Bestandteile mit maximal < 1 Gew.-% bzw. höchstens 3 Gew.-% enthalten.

DE 196 09 735 A1 beschreibt bleifreie Kronflintgläser, bei denen ZnO, CaO und BaO nur fakultative Komponenten
40 sind. Auch B₂O₃ liegt nicht zwingend vor und muß auf weniger als 5 Gew.-% beschränkt bleiben.

Auch die Gläser der JP 52-45616 A enthalten hohe Anteile der relativ teuren und hoch schmelzenden Komponente ZrO₂ (2-20 Gew.-%), wodurch die Kristallisationsstabilität dieser Gläser herabgesetzt ist. Gleiches gilt für die 2-15 Gew.-% ZrO₂ enthaltenden Gläser der US 2,523,265; sie benötigen diese Komponente zur Verbesserung der chemischen Beständigkeit, da sie nur 33 bis 55 Gew.-% SiO₂ enthalten.

Entsprechend wird die chemische Beständigkeit der Gläser aus US 5,523,265 (45-60 Gew.-% SiO₂) und aus JP 62-13293 B2 (23-61 Gew.-%) nicht hoch sein.

Auch in älteren, nicht vorveröffentlichten deutschen Anmeldungen der Anmelderin werden bleifreie optische Bariumkrongläser und Bariumleichtflintgläser und auch Bariumflintgläser mit höchstens 60 Gew.-% SiO₂ beschrieben.

DE 198 27 568.4 nennt Gläser mit 45-60 Gew.-% SiO₂. Ihre dennoch gute chemische Beständigkeit wird durch das
50 Vorhandensein von ZrO₂ und TiO₂ gewährleistet.

DE 197 38 428 C1 stellt Gläser mit 40-60 Gew.-% SiO₂ und 0,5-3,5 Gew.-% Al₂O₃ vor. Die letztgenannte Komponente dient der Verbesserung der Säureresistenz.

Es ist Aufgabe der Erfindung, bleifreie optische Gläser mit einem Brechwert n_d zwischen 1,50 und 1,56 und einer Abbezahl v_d zwischen 50 und 64 bereitzustellen, die gute Schmelz- und Verarbeitungseigenschaften besitzen und eine gute
55 chemische Beständigkeit und eine gute Kristallisationsstabilität aufweisen.

Diese Aufgabe wird durch im Patentanspruch 1 beschriebenen Gläser gelöst.

Die Gläser enthalten 62 bis 75 Gew.-% SiO₂. Bei höheren Anteilen würde die Schmelzbarkeit verschlechtert, bei niedrigeren Anteilen würde die Säureresistenz herabgesetzt. Außerdem ermöglicht ein hoher Gehalt an SiO₂ einen niedrigen Brechwert. Bevorzugt ist ein SiO₂-Gehalt von mehr als 63 Gew.-%.

Zur Verbesserung nicht nur der Säureresistenz, sondern insgesamt der chemischen Beständigkeit enthalten die Gläser
60 1 bis 7 Gew.-% TiO₂, vorzugsweise wenigstens 4 Gew.-%. TiO₂ erhöht den Brechwert und verringert die Abbezahl.

Zur weiteren Verbesserung der chemischen Beständigkeit und zur Variation von Brechwert und Abbezahl können die Gläser jeweils bis zu 1 Gew.-% von, ZrO₂, Nb₂O₅ und Ta₂O₅ enthalten. Da Nb₂O₅ und Ta₂O₅ jedoch relativ teure Komponenten darstellen, wird auf diese beiden Komponenten vorzugsweise verzichtet.

Die Gläser enthalten 2 bis 10 Gew.-% Na₂O (bevorzugt 3,5 bis 9 Gew.-%) und 4,5 bis 8 Gew.-% K₂O. Na₂O und K₂O dienen der Verbesserung der Schmelzbarkeit. Bei höheren Gehalten werden der thermische Ausdehnungskoeffizient, die Transformationstemperatur und die Säureresistenz negativ beeinflusst. Bei niedrigeren Gehalten ist aufgrund hoher Schmelztemperaturen eine wirtschaftliche Fertigung erschwert.

Weiter enthalten die Gläser B_2O_3 , und zwar zwischen 5 und 9,5 Gew.-%. Mit dieser Komponente wird die Schmelzbarkeit verbessert, ohne daß es zu negativen Auswirkungen auf den Ausdehnungskoeffizienten, d. h. zu seiner Erhöhung kommt. Jedoch wird bei zu großen Anteilen an B_2O_3 die chemische Beständigkeit, insbesondere die Alkaliresistenz verschlechtert. In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt der B_2O_3 -Gehalt wenigstens 8 Gew.-%.

Die Gläser enthalten 4,5 bis 21 Gew.-% BaO , um den angegebenen Bereich der Abbezahlen zu erreichen. Bei einem höheren Gehalt würde außerdem die Entglasungsneigung ansteigen. Insbesondere für Gläser mit niedrigen Abbezahlen bzw. für Gläser mit geringer Dichte kann auch eine Beschränkung des BaO -Gehaltes auf höchstens 7 Gew.-% bevorzugt sein.

Zur Stabilisierung gegen Kristallisation enthalten die Gläser wenigstens 0,05 Gew.-% ZnO und/oder CaO . Dabei liegt der Gehalt an CaO zwischen 0 und 0,5 Gew.-%, während der Gehalt an ZnO zwischen 0 und weniger als 14 Gew.-% liegt; insbesondere wenn eine niedrige Dichte gewünscht ist, beträgt er maximal 2 Gew.-%. In diesen Mengen ermöglicht ZnO , den Brechwert zu erhöhen und dabei im Bereich mittlerer Abbezahlen zu bleiben.

Die Summe aus BaO , ZnO und CaO beträgt höchstens 25 Gew.-%, da sonst Brechwert und Abbezahl zu hoch würden. Außerdem würde die chemische Beständigkeit sich verschlechtern. Vorzugsweise beträgt die genannte Summe höchstens 23,5 Gew.-%.

Die Gläser können bis zu 0,5 Gew.-% F^- enthalten. Dies ist besonders zum Erreichen spezieller Brechwerte im Bereich der Krongläser und Borkrongläser bevorzugt. F^- wird beispielsweise als KF oder KHF_2 zugegeben. Wie allgemein bekannt ist, muß aufgrund der hohen Verdampfungsneigung F^- -haltiger Verbindungen meist ein gewisser Überschuß an F^- , bezogen auf den gewünschten Gehalt, zugesetzt werden.

Zur Verbesserung der Glasqualität können dem Gemenge zur Läuterung des Glases ein oder mehrere an sich bekannte Läutermittel in den üblichen Mengen zugegeben werden. So weist das Glas eine besonders gute innere Glasqualität bezüglich Blasen- und Schlierenfreiheit auf.

Wird als Läutermittel kein As_2O_3 , sondern statt dessen z. B. Sb_2O_3 , vorzugsweise bis zu 0,5 Gew.-% verwendet, was ohne Verluste in Bezug auf die Glasqualität möglich ist, so sind die erfindungsgemäß bleifreien Gläser zusätzlich arsenfrei.

In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die Summe an Sb_2O_3 und F^- , das ja ebenfalls Läuterfunktion hat, zwischen 0,05 und 0,8 Gew.-%. So wird eine ausgezeichnete innere Glasqualität erzielt.

Innerhalb des erfindungsgemäßen Zusammensetzungsbereiches gibt es einen besonders bevorzugten Zusammensetzungsbereich von Gläsern mit Brechwerten n_d zwischen 1,53 und 1,56 und Abbezahlen v_d zwischen 50 und 55. Er lautet (in Gew.-% auf Oxidbasis): SiO_2 62–65; B_2O_3 8–9,5; BaO 4,5–7; ZnO 0–2; CaO 0–0,5 mit $ZnO + CaO \geq 0,05$; TiO_2 4–7; Na_2O 6,5–9,5; K_2O 6–8; ZrO_2 0–1; F^- 0–0,5.

Auch bei der Herstellung der Gläser dieses bevorzugten Bereiches können, falls erwünscht, übliche Läutermittel in üblichen Mengen bzw. die oben genannten bevorzugten Varianten verwendet werden.

Die erfindungsgemäßen Gläser besitzen eine negative anomale Teildispersion im blauen Bereich des Spektrums.

Zur Erläuterung:

Das partielle Dispersionsvermögen, die sogenannte relative Teildispersion, im blauen Teil des Spektrums wird durch den Ausdruck

$$P_{g,F} = \frac{n_g - n_F}{n_F - n_c}$$

wiedergegeben.

Die "Normalgerade" gehorcht definitionsgemäß im blauen Bereich des Spektrums der Gleichung

$$P_{g,F} = 0,6438 - 0,001682 \cdot v_d.$$

Gläser, deren Teildispersion auf dieser Gerade liegt, werden als "Normalgläser" bezeichnet.

Bei Gläsern, die ein von den "Normalgläsern" abweichendes Verhalten der Dispersion besitzen, wird die Ordinaldifferenz $\Delta P_{g,F}$ um die der betreffende $P_{g,F} - v_d$ -Punkt gegen die "Normalgerade" verschoben ist, angegeben:

Eine Grobeinteilung dieser Gläser mit anomaler Teildispersion in zwei Gruppen ist üblich, je nachdem ob $P_{g,F}$ "oberhalb" (positive Teildispersion: $\Delta P_{g,F} = \text{pos.}$) oder "unterhalb" (negative Teildispersion: $\Delta P_{g,F} = \text{neg.}$) der "Normalgeraden" liegt.

Gläser mit anomalen Teildispersionen sind von Bedeutung zur Behebung von Restfarbfehlern, dem sogenannten sekundären Spektrum.

Beispiele:

Es wurden fünf Beispiele erfindungsgemäßer Gläser aus üblichen Rohstoffen erschmolzen.

In Tabelle 2 sind die jeweilige Zusammensetzung (in Gew.-% auf Oxidbasis), der Brechwert n_d , die Abbezahl v_d , die Teildispersion im blauen Bereich des Spektrums $P_{g,F}$ und die Anomalie dieser Teildispersion $\Delta P_{g,F}$, die Dichte ρ [g/cm^3], der thermische Ausdehnungskoeffizient $\alpha_{20/300}$ [$10^{-6}/K$] und die Transformationstemperatur T_g [$^{\circ}C$] der Gläser aufgeführt.

Die erfindungsgemäßen Gläser wurden folgendermaßen hergestellt: die Rohstoffe für die Oxide, bevorzugt Carbonate und Nitrate, wurden abgewogen. Das bzw. die Läutermittel wurden zugegeben, und anschließend wurde gut gemischt. Das Glasgemenge wurde bei ca. 1380–1400 $^{\circ}C$ in einem kontinuierlichen Schmelzaggregat eingeschmolzen, danach geläutert und gut homogenisiert. Die Gußtemperatur betrug 1270–1290 $^{\circ}C$.

Tabelle 1 zeigt ein Schmelzbeispiel.

Tabelle 1

Schmelzbeispiel für 100 kg berechnetes Glas

	Oxid	Gew. - %	Rohstoff	Einwaage [kg]
10	SiO ₂	63,5	SiO ₂	63,52
	B ₂ O ₃	8,8	H ₃ BO ₃	15,64
	BaO	4,5	BaCO ₃	5,88
15	TiO ₂	7,0	TiO ₂	7,04
	CaO	0,2	CaCO ₃	0,35
	K ₂ O	7,6	KNO ₃	2,15
			K ₂ CO ₃	9,71
20	Na ₂ O	8,1	Na ₂ CO ₃	13,87
	Sb ₂ O ₃	0,3	Sb ₂ O ₃	0,30

Die Eigenschaften des so erhaltenen Glases sind in Tabelle 2, Beispiel 1 angegeben.

Tabelle 2

Glaszusammensetzungen (in Gew.-% auf Oxidbasis) und wesentliche Eigenschaften:

	1 20.2	2	3	4 2.9	5 22.3
30					
	SiO ₂	63,5	74,5	63,5	63,5
35	B ₂ O ₃	8,8	5,0	5,0	8,8
	BaO	4,5	4,5	20,0	5,6
	CaO	0,2	0,2	0,2	0,14
40	ZnO	-	-	0,5	-
	ZrO ₂	-	-	0,3	-
	F	-	0,5	-	-
45	TiO ₂	7,0	5,0	1,2	5,0
	Na ₂ O	8,1	4,0	4,0	9,1
	K ₂ O	7,6	6,0	5,0	7,6
	Sb ₂ O ₃	0,3	0,3	0,3	0,3
50	n _d	1,55347	1,52498	1,50919	1,54069
	v _d	50,74	54,79	63,10	59,22
	P _{g,F}	0,5578	0,5506	0,5334	0,5430
55	Δ P _{g,F}	-0,0006	-0,0010	-0,0043	-0,0012
	ρ [g/cm ³]	2,61	2,50	2,48	2,80
	α _{20/300} [10 ⁻⁶ /K]	8,02	5,94	5,59	7,40
60	T _g [°C]	578	576	596	578

Für das Glas Nr. 5 wurden weitere Eigenschaften bestimmt: Seine Säureresistenz gemäß ISO 8424 (SR) beträgt 1.0; seine Alkaliresistenz gemäß ISO draft 10629 (AR) beträgt 2.0, und sein spektraler Reintransmissionsgrad bei der Wellenlänge λ = 400 nm und einer Probendicke d = 25 mm τ_{i 400 nm/25 mm} beträgt 0,955.

Der erfindungsgemäße Glaszusammensetzungsbereich bietet eine weitere Gruppe optischer Gläser der Glasarten BaLF, BaK, KF, K und BK mit den genannten optischen Daten an, die bleifrei und in bevorzugter Ausführung auch As₂O₃-frei sind. Die Bleifreiheit der Gläser ist nicht nur aufgrund des angesprochenen Umweltschutzgedankens vorteil-

haft, sondern wirkt sich auch positiv auf ihre Dichte und ihre Transformationstemperatur aus.

Die Gläser weisen folgende Vorzüge auf: Sie besitzen eine hohe chemische Beständigkeit, speziell eine Säureresistenz von $SR = 2.3$ oder besser und eine Alkaliresistenz von $AR = 3.3$ oder besser. Die hohe chemische Beständigkeit der Gläser ist für ihre weitere Bearbeitung wie Schleifen und Polieren wesentlich. Die Gläser besitzen eine hohe Kristallisationsstabilität. Dadurch wird die Herstellung der Gläser in größeren Schmelzaggregaten, z. B. in einer optischen Wanne, ermöglicht. Ein Maß für eine für eine solche Herstellung ausreichende Kristallisationsstabilität ist die Viskosität bei der Oberen Entglasungsgrenze: Sie soll für eine kontinuierliche Produktion ≥ 1000 dPas betragen. Dies ist bei den erfindungsgemäßen Gläsern erfüllt. Die Gläser sind leicht zu schmelzen und gut zu verarbeiten. Mit wenigstens 550°C weisen sie relativ hohe Transformationstemperaturen T_g auf. Ihre Dichte ρ ist mit höchstens $2,9 \text{ g/cm}^3$ recht niedrig. Die Transmission der Gläser in sichtbaren Bereich des Spektrums ist hoch. Die Gläser zeigen eine negative Teildispersion im blauen Bereich des Spektrums.

Patentansprüche

1. Bleifreie optische Gläser mit einem Brechwert n_d zwischen 1,50 und 1,56 und einer Abbezahl v_d zwischen 50 und 64, gekennzeichnet durch folgende Zusammensetzung (in Gew.-% auf Oxidbasis)

SiO ₂	62–75	
B ₂ O ₃	5–9,5	
BaO	4,5–21	20
ZnO	0 – < 14	
CaO	0–0,5	
mit ZnO + CaO	$\geq 0,05$	
mit BaO + ZnO + CaO	≤ 25	
TiO ₂	1–7	25
Na ₂ O	2–10	
K ₂ O	4,5–8	
ZrO ₂	0–1	
Nb ₂ O ₅	0–1	
Ta ₂ O ₅	0–1	30
F ⁻	0–0,5	

sowie ggf. Läutermittel in den üblichen Mengen.

2. Bleifreie optische Gläser nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Zusammensetzung (in Gew.-% auf Oxidbasis)

SiO ₂	62–75	
B ₂ O ₃	5–9,5	
BaO	4,5–21	40
ZnO	0–2	
CaO	0–0,5	
mit ZnO + CaO	$\geq 0,05$	
TiO ₂	1–7	
Na ₂ O	3,5–9,5	45
K ₂ O	4,5–8	
ZrO ₂	0–1	
F ⁻	0–0,5	

sowie ggf. Läutermittel in den üblichen Mengen.

3. Bleifreie optische Gläser nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch folgende Zusammensetzung (in Gew.-% auf Oxidbasis) mit einem Brechwert n_d zwischen 1,53 und 1,56 und einer Abbezahl v_d zwischen 50 und 55

SiO ₂	62–65	55
B ₂ O ₃	8–9,5	
BaO	4,5–7	
ZnO	0–2	
CaO	0–0,5	
mit ZnO + CaO	$\geq 0,05$	60
TiO ₂	4–7	
Na ₂ O	6,5–9,5	
K ₂ O	6–8	
ZrO ₂	0–1	
F ⁻	0–0,5	65

sowie ggf. Läutermittel in den üblichen Mengen.

DE 198 28 992 C 1

4. Bleifreie optische Gläser nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Gläser 0–0,5 Gew.-% Sb_2O_3 enthalten.
5. Bleifreie optische Gläser nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß die Summe aus F^- und Sb_2O_3 0,05–0,8 Gew.-% beträgt.
6. Bleifreie optische Gläser nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Gläser bis auf unvermeidliche Verunreinigungen frei sind von Arsenoxid.
7. Bleifreie optische Gläser nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6 mit einer Dichte ρ von höchstens $2,9 \text{ g/cm}^3$, einer Säureresistenz SR von 2.3 oder besser, einer Alkaliresistenz AR von 3.3 oder besser und einer Transformationstemperatur T_g von wenigstens 550°C .